

27 OKTOBER 2020

Big data-analyse voor detectie overbelasting topsporters.

WP3 - Praktijkvalidatie



umcg



SAXION
University
of Applied
Sciences

Rick Nijland¹, Jur Brauers², Ruby Otter¹, Michel
Brink², Johan de Jong¹

¹ Hanzehogeschool Groningen, ² Universitair Medisch Centrum Groningen

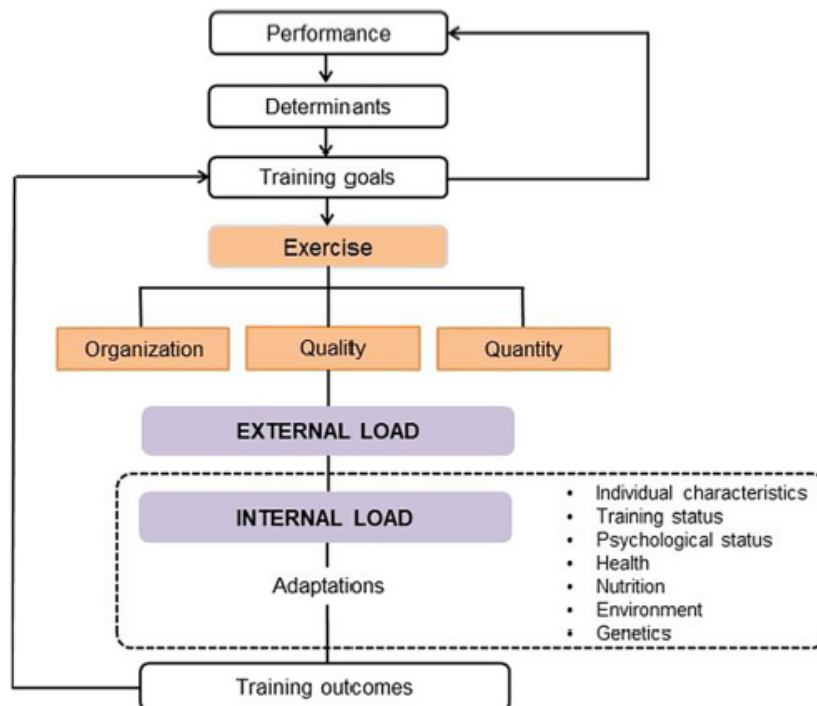
Inhoud

Hoofdstuk 1: Algemene inleiding rapport.....	3
1.1 Algemene inleiding.....	3
1.2 Projectorganisatie	4
1.3 Praktijkvalidatie	4
1.4 Leeswijzer	5
Hoofdstuk 2: Dataset.....	6
2.1 Algemeen.....	6
2.2 Beschrijving variabelen	6
2.2.1 Individuele kenmerken.....	6
2.2.2 Externe belasting	6
2.2.3 Interne belasting	7
2.2.4 Herstel	7
2.2.5 Psychosociale stress	7
2.3 Gebruikte meetinstrumenten en -methodes.....	7
Conclusie	9
Hoofdstuk 3: Praktijkvalidatie	10
3.1 Introductie.....	10
3.2 Methode.....	11
3.3 Resultaten	14
3.4 Discussie	19
3.5 Conclusie	21
Hoofdstuk 4: Algemene discussie en aanbevelingen.....	22
Algemene discussie en aanbevelingen validatierapport	22
Algemene conclusie.....	23
Referenties	24

Hoofdstuk 1: Algemene inleiding rapport

1.1 Algemene inleiding

Het doel van elke sporter is om in competitieverband maximaal te presteren, waarvoor het uitblijven van blessures en tevens (naast andere factoren) een zo goed mogelijke fysieke fitheid essentieel is. De balans tussen de belastbaarheid van sporters en de belasting moeten zo goed mogelijk afgestemd zijn om optimale trainingseffecten te realiseren. Impellizzeri et al. (2005; 2019) hebben een model ontwikkeld waarin de samenhang tussen determinanten van belasting en belastbaarheid staan beschreven (zie figuur 1). In het model wordt onderscheid gemaakt tussen externe en interne trainingsbelasting, wat duidt op de belasting die extern of intern door de sporter wordt ervaren. De externe trainingsbelasting is de fysieke belasting beschreven in een trainingsplan die (doorgaans) door de coach wordt opgelegd, zoals de afgelegde afstand of aantal keer sprinten. De interne belasting is de daadwerkelijk ervaren psychofysiologische belasting als gevolg van de externe belasting rekening houdend met de individuele kenmerken van sporters (Impellizzeri et al., 2019). Voorbeelden van individuele kenmerken van een sporter zijn lengte, gewicht, leeftijd en training status. De interne belasting is de directe stimulus voor trainingseffecten zoals een verhoging van de fysieke fitheid en is daarom zeer belangrijk voor de balans tussen belasting en belastbaarheid van sporters.



Figuur 1: Theoretisch raamwerk van het trainingsproces. Overgenomen uit Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *Int. J. Sports Physiol. Perform*, 14, 270-273.

Het sturen en bewaken van de balans tussen belasting en belastbaarheid wordt bij professionele sporters doorgaans verzorgd door (para)medische professionals en/of sportwetenschappers. Doordat er tegenwoordig vele manieren en test- en meettechnologie zijn om de eerdergenoemde externe en interne belasting en individuele kenmerken te meten is er een grote hoeveelheid aan data beschikbaar in de praktijk. Deze data wordt, vaak dagelijks, op diverse manieren gemeten. Variërend van eenvoudig uit te voeren vragenlijsten voor het meten van ervaren herstel of inspanning tot uitgebreide meetsystemen zoals Polar Team Pro, Catapult en InMotio LPM voor het meten van variabelen als hartslag, gelopen afstand, versnellingen en afstand afgelegd op hoge snelheid. Aangezien het verwerken, analyseren en interpreteren van deze data arbeidsintensief en complex is, is er vanuit de praktijk de behoefte om deze data snel inzichtelijk te maken voor de professionals die ermee moeten

werken. Op deze manier kunnen er snel, mogelijk al tijdens of direct na de training, aanpassingen doorgevoerd worden optimale trainingseffecten te bereiken. Vanuit de eerder genoemde behoefte is een samenwerking tussen de Hogescholen Saxion en Hanze, kennisinstellingen Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG) en Roessing Research and Development, sportfysiotherapeuten, diverse betaald voetbalorganisaties zoals FC Groningen, PEC Zwolle en Heracles Almelo, eredivisie volleybalclub Team Eurosped en het regionale bedrijfsleven in het voorjaar van 2018 het Raak Publiek project 'Big data analyse voor detectie overbelasting topsporters' begonnen. De doelstelling van dit project is:

“De praktische implementatie van een computermodel (op basis van externe, interne en subjectieve belasting), inclusief een daarop gebaseerd prototype van een belastingsmonitor, waarmee (para)medische professionals in de sportbegeleiding in staat gesteld worden om de fitheid en/of belasting van sporters realtime te herkennen, opdat zij trainingsaanpassingen kunnen doen om overbelasting en blessures te voorkomen.”

1.2 Projectorganisatie

Dit project is opgedeeld in drie werkpakketen met daarnaast een overkoepeld werkpakket betreffende management en disseminatie. Het eerste werkpakket (WP1) richt zich voornamelijk op het ontwikkelen van een (theoretisch) computermodel voor de belastingsmonitor. Hierin worden onderzocht welke parameters geschikt zijn om te gebruiken voor de belastingsmonitor. Werkpakket 2 (WP2) houdt zich bezig met het ontwikkelen van de daadwerkelijke belastingsmonitor welke in de sportpraktijk ingezet kan worden door de eerdergenoemde professionals. Hier wordt onder verstaan het ontwikkelen van de data-infrastructuur voor het ophalen en geautomatiseerd verwerken van de data en een dashboard welke door de professionals gebruikt kan worden. Werkpakket 3 (WP3) waar de Hanzehogeschool Groningen trekker van is, richt zich op de praktijkvalidatie van de belastingsmonitor. De praktijkvalidatie is daarmee ook het onderwerp van dit rapport.

1.3 Praktijkvalidatie

De validatie is als volgt gedefinieerd in de projectaanvraag:

“De resultaten van dit model (de afwijking van de voorspelling ten opzichte van de gemeten waarde) zullen gevalideerd worden tegen een aantal uitkomstmaten van fitheid. Daarbij is het uitgangspunt dat bij eenzelfde externe belasting en met een lagere interne belasting fitheid toeneemt (en omgekeerd). Dat kunnen we controleren met standaard fitheidstesten. Voor het meten van fysieke prestatie zullen een aantal tests worden afgenomen: interval shuttle run, de maximale looptest en VO2max test. (Uit projectaanvraag; pagina 20).”

Uit overleg met consortiumpartners is naar voren gekomen dat de praktijkvalidatie zich zal richten op het bepalen of fysieke fitheid voorspeld kan worden aan de hand van de gemeten variabelen bij de praktijkpartners. Dit is tevens een vraag die direct voortvloeit uit de bevindingen van WP1. Er zal gekeken worden of een ratio van diverse variabelen van externe en interne belasting overeenkomt met de verandering in fysieke fitheid gemeten door een submaximale inspanningstest. De praktijkvalidatie zal zich richten op de voetbalclubs, omdat hier de meeste data vandaan komt, met de volgende onderzoeksvraag:

“Is de (verandering in) ratio externe/interne belasting een valide manier om veranderingen in fysieke fitheid te meten?”

Een eerste prototype van de belastingsmonitor is beschikbaar. In de belastingsmonitor kunnen (para)medische staf, sportwetenschappers en trainers snel inzicht krijgen in welke externe en interne belasting de spelers hebben ervaren tijdens eerdere trainingen. Dit is inzichtelijk gemaakt door het

gebruik van een visuele weergave. Tevens is het mogelijk om zaken als vermoeidheid, spierpijn, slaap, stress of herstel van sporters inzichtelijk te krijgen. Doordat de belastingsmonitor de externe en interne belasting van sporters snel inzichtelijk maakt voor de diverse professionals, is de gestelde onderzoeksvraag te verantwoorden. Door deze onderzoeksvraag te beantwoorden kan het prototype van de belastingsmonitor op praktijkvaliditeit onderzocht worden doordat het bij kan dragen aan inzicht voor de (medische) professionals aan de huidige fysieke fitheid van de sporters. Hierdoor kunnen zij hun sporters zo goed mogelijk begeleiden en daarbij mogelijk overbelasting voorkomen. De verdere aanleiding zal behandeld worden in hoofdstuk 3. Door de onderzoeksvraag te beantwoorden zal tevens indirect een bijdrage geleverd worden aan deelvraag 3 van het project, zoals geformuleerd in de projectaanvraag:

“Hoe kunnen we de resultaten het beste presenteren voor optimale ondersteuning van de (para)medische staf, fysiek trainers en/of andere betrokken professionals?”

Bij een positief resultaat zullen één of meerdere ratio's opgenomen kunnen worden in de belastingmonitor en (para)medische staf, sportwetenschappers, trainers en coaches kunnen helpen om, op korte termijn, te bepalen of sporters op fysiek gebied de gewenste vooruitgang boeken.

Voor het project worden vanuit WP3 diverse deliverables opgeleverd, zoals beschreven in de projectaanvraag. In de projectaanvraag worden 2 deliverables beschreven:

1. Opleveren grote, complete database met relevante variabelen (data)
2. Validatierapport van het onderzoek (test, rapport).

Daarnaast wordt getracht de resultaten van het onderzoek te publiceren in een voor de praktijk relevant Nederlandstalig tijdschrift, zoals Sportgericht en zal getracht worden op een voor de praktijk relevant congres, zoals de dag voor het Sportonderzoek.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal het opleveren van de database aan bod komen. Er zal ingezoomd worden op de diverse beschikbare data en de overeenkomsten en verschillen tussen de diverse aanbieders van de data. In hoofdstuk 3 wordt de onderzoeksvraag beantwoord zoals eerder hiervoor verwoord. In hoofdstuk 4 vindt een algemene discussie plaats en worden aanbevelingen gepresenteerd.

Hoofdstuk 2: Dataset

2.1 Algemeen

Voor het project “Big data technologie voor detectie overbelasting sporters” is data gebruikt die verzameld wordt bij diverse sportclubs. Hieronder vallen de betaald voetbalorganisaties FC Groningen, Heracles Almelo en PEC Zwolle maar ook bij volleybal organisatie Team Eurosped.

De data is door de betreffende sportclubs zelf verzameld en beschikbaar gesteld voor het project. Echter is in het rapport voor WP1 al aangegeven welke variabelen er verzameld worden door de diverse sportclubs. In dit hoofdstuk zal daarom kort behandeld worden waartegen aan gelopen wordt bij het verzamelen van de data en de verschillen tussen de diverse sportclubs. Doordat de clubs veelal concurrenten van elkaar zijn en dit rapport tevens inzichtelijk kan zijn voor niet-deelnemende clubs zal er niet ingegaan worden op welke manier elke club exact de data heeft verzameld of hoe de data tot stand is gekomen.

2.2 Beschrijving variabelen

De aangeleverde data van de diverse sportclubs is beheerd door Saxion Hogeschool. De data is door Saxion Hogeschool gepseudonimiseerd zodat individuele sporters niet herleid kunnen worden. Hierbij is het tevens belangrijk dat diverse persoonlijke kenmerken, zoals leeftijd en positie niet inzichtelijk zijn. Zoals aangegeven in het rapport van WP1 en in de algemene inleiding wordt het model van Impellizzeri (2019) gehanteerd voor het onderscheid tussen de diverse variabelen. Hieronder wordt het onderscheid zoals benoemd in het rapport van WP1 aangehouden.

2.2.1 Individuele kenmerken

Onder het kopje individuele kenmerken worden naast kenmerken zoals, leeftijd, gewicht en geslacht ook andere kenmerken beschouwd zoals de maximale sprintsnelheid, maximaal aeroob vermogen of maximale zuurstofopname. Voor deze database zijn variabelen buiten beschouwing gelaten welke mogelijk tot identificatie van de sporters konden leiden, zoals geslacht, leeftijd, gewicht en positie. Echter blijkt uit literatuur en WP1 dat dit wel belangrijke informatie kan bevatten.

Slechts enkele sportclubs hebben data aangeleverd op gebied van (sub)maximale inspanningstesten. Deze data is toegevoegd aan de database en richt zich voornamelijk op het maximale vermogen van spelers om bepaalde fysieke inspanningen te leveren, zoals maximale spronghoogte of maximaal interval uithoudingsvermogen. Echter is er niet veel data voor handen op dit gebied om in de database op te nemen.

2.2.2 Externe belasting

Voor externe belasting is verreweg de meeste data aangeleverd door de sportclubs. De betreffende data is uiteraard afhankelijk van het type sport, aangezien (zoals aangegeven in figuur 1) per sport andere prestatiefactoren leidend zijn. De externe belasting wordt gemeten door middel van een verscheidenheid aan systemen zoals Polar Team Pro, Catapult of Verticale spronghoogtemeters. Dit maakt dat de data niet altijd in gelijke format beschikbaar is.

De meeste data, die is aangeleverd, richt zich op (een afgeleide van) GPS-data of accelerometer-data. Hieruit kunnen variabelen berekend worden zoals snelheidszones, totaal gelopen afstand, totaal gelopen afstand op een bepaalde snelheid of versnellingen. Echter hanteren diverse sportclubs diverse drempelwaarden voor bijvoorbeeld de snelheidszones en een sprint. Data is daarnaast wisselend aangeleverd, waar sommige sportclubs de ruwe data beschikbaar konden stellen, was dit niet voor alle sportclubs mogelijk. Deze sportclubs leverde daarom bijvoorbeeld geaggregeerde data aan. Aangezien

de sportclubs wisselende drempelwaardes aanhielden was het niet mogelijk om de data van verschillende sportclubs te combineren.

Tot slot wisselt de omvang van de data per sportclub. De beschikbare data varieert van enkele maanden tot enkele seizoenen. Tevens was de meeste data beschikbaar over trainingen en was er minder data beschikbaar over wedstrijden. Hieruit blijkt dat het voor de sportclubs een uitdaging blijft om de juiste en meest betekenisvolle data te verzamelen in een hoog-prestatie omgeving.

2.2.3 Interne belasting

Elke sportclub heeft gegevens aangeleverd over interne belasting. Maten voor interne belasting wisselden wederom per sport. Er zijn gegevens beschikbaar voor hartslag en over ervaren mate van inspanning. Voor ervaren mate van inspanning was het afhankelijk van de sportclub welke schaal er werd gebruikt. Dit kon zijn een schaal van 1-10 of een schaal van 6-20. Elke schaal heeft daarnaast zijn eigen tekstuele ankers om aan te geven welke zwaarte bij welk getal hoort. Deze schalen zijn niet verenigbaar, aangezien ervaren mate van inspanning een subjectieve schaal is, welke ingevuld is door de sporter. Daarnaast zijn door de meeste sportclubs gegevens aangeleverd over de duur van trainingen of wedstrijden. In dat geval werd ook de 'load' (ervaren mate van belasting vermenigvuldigd met tijd in minuten) aangeleverd of kon berekend worden. Tot slot wisselt ook hier de omvang per sportclub zoals aangegeven in hoofdstuk 2.2.2.

2.2.4 Herstel

Elke club heeft echter data aangeleverd betreffende de welzijn van de sporters. Echter verschilt per sportclub waar exact naar gevraagd is. Welzijn van de sporters beslaat bijvoorbeeld de kwaliteit van slaap, het huidige energieniveau, eetlust of totale kwaliteit van herstel. Tot slot wisselt ook hier de omvang per sportclub zoals aangegeven in hoofdstuk 2.2.2.

2.2.5 Psychosociale stress

Door enkele sportclubs is data aangeleverd over de welzijn van sporters. Dit is aangeleverd in de vorm van vragen die aan de sporters werden gesteld. Wederom verschilt dit per sportclub. Tot slot wisselt ook hier de omvang per sportclub zoals aangegeven in hoofdstuk 2.2.2.

2.3 Gebruikte meetinstrumenten en -methodes

Individuele kenmerken

In hoofdstuk 2.2.1 zijn de diverse gebruikte testen benoemd. De gebruikte en gekozen meetinstrumenten en fysieke testen komen overeen met de standaarden voor het meten van hun respectievelijke variabelen zoals weergegeven in de wetenschappelijke literatuur (Halson, 2014) voor de betreffende testen, zoals de Interval Shuttle Run Test (Lemmink et al, 2004) en Counter Movement Jump (Taylor, 2012). Deze testen zijn voldoende valide en betrouwbaar (Lemmink et al., 2004; Taylor, 2012). Er is voor dit rapport geen zicht op de daadwerkelijk uitgevoerde methode van de testen.

Externe belasting

Voor het meten van externe belasting zijn 2 type meetinstrumenten gebruikt. Het eerste is GPS en de tweede is accelerometer. De GPS zat verwerkt in de systemen van Polar Team Pro en Catapult Sports en werd alleen gebruikt bij de voetbalclubs aangezien GPS in een indoor setting niet valide, betrouwbaar en praktisch toepasbaar is. GPS wordt binnen de wetenschappelijke literatuur als voldoende valide en betrouwbaar beschouwd voor het meten van externe belasting, mits de frequentie van meten op minimaal 10 Hertz ligt (Hoppe et al., 2018; Johnston et al., 2014). Echter zijn de afwijkingen in de metingen op hogere snelheid groter dan op lagere snelheid (Johnston et al., 2014). De afgeleide variabelen hieruit zijn ook toepasselijk voor voetbal, zoals totaal afgelegde afstand en

afstand op hoge snelheid (Casamichana et al, 2012). Echter de drempelwaarden voor afstand op hoge snelheid wisselt per voetbalclub. Dit is tevens terug te zien in de wetenschappelijke literatuur waar geen eenduidige definitie te vinden is voor de diverse snelheidszones en waar onderzoek uit wijst dat dit inderdaad wisselt per club (Akenhead & Nassis, 2016). Gebruikelijke waardes zijn bijvoorbeeld $5,5 \text{ m/s}^{-1}$ of $6,0 \text{ m/s}^{-1}$. Het is daarom belangrijk om inzichtelijk te maken welke snelheden bij de diverse definities dan wel snelheidszones horen zodat data uit verschillende bronnen goed met elkaar vergeleken kan worden. Voor toekomstige databases is het wenselijk om ruwe data toe te voegen zodat hieruit dezelfde snelheidszones berekend kunnen worden ongeacht de herkomst van de data en met in achtneming van de laatste wetenschappelijke inzichten.

Voor de accelerometer data is gebruikt gemaakt van Vert (VERT Wearable Jump Monitor, USA). De Vert registreert voornamelijk spronghoogte en het aantal sprongen en is gebruikt voor volleybal. Ook de Vert is in de wetenschappelijke literatuur voldoende valide en betrouwbaar beoordeeld (Borges et al., 2017; Skazalski et al., 2018). Voor het bepalen van de sprongbelasting is de vert voldoende betrouwbaar en valide gebleken en toegepast (Skazalski et al., 2018).

Interne belasting

Interne belasting is door een simpele vragenlijst voor ervaren mate van inspanning (EMI) of hartslag inzichtelijk gemaakt, zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.3. Borgschaal-vragenlijsten (schaal 0-10 of 6-20) worden veelvuldig in de wetenschappelijke literatuur gebruikt en zijn voldoende betrouwbaar en valide beschouwd en tevens voor diverse leeftijdsgroepen (Haddad et al., 2017). Voor dit rapport is niet de gehele meetmethode per vragenlijst inzichtelijk, echter worden de vragenlijsten ingevuld op papier of via telefoons of tablets wat overeenkomst met bevindingen gepresenteerd door Taylor et al. (2012). Daarnaast dient de vragenlijst voor EMI minimaal 30 minuten na afloop van de inspanning afgenomen te worden.

Hartslag is gemeten door een systeem van Polar. Het is niet bekend welk Polar-type is gebruikt tijdens het verzamelen van de gegevens. Meest waarschijnlijke type is hartslagmeter H7, H9, H10 of OH1 van Polar aangezien Polar Club is gebruikt voor het verzamelen van de gegevens. Onderzoek betreffende validiteit en betrouwbaarheid van deze types kon niet worden gevonden, echter worden Polar hartslagmeters veelvuldig in de wetenschappelijke literatuur gebruikt (Owen et al., 2020).

Herstel

Voor herstel is een diversiteit aan vragenlijsten of delen van vragenlijsten ingezet. Onderdelen die gevraagd zijn, zijn: (kwaliteit van) slaap, 'training appetite' (mate waarin de sporter zin heeft in de training), Energieniveau, Eetlust, spierpijn (benen), stress, voeding, algemene vermoeidheid, stemming en ervaren mate van herstel. Dit zijn vragen uit vragenlijsten die in de wetenschappelijke literatuur vaker worden toegepast (Buchheit et al., 2013; Buchheit et al., 2016; Hooper et al, 2015; Raines et al., 2012).

Daarnaast zijn nog vragen gesteld die specifiek ingingen op de wensen van medische staf of trainers, zoals vraag of voedingssupplementen zijn genomen, of er ergens pijn is of bijvoorbeeld hoe fit een sporter zich voelt. Deze vragen lijken niet direct uit de wetenschappelijke literatuur te komen en kan geen duidelijk beeld gegeven worden of de validiteit of betrouwbaarheid, tevens omdat ze gericht lijken op de wensen vanuit de sportclub zelf.

Psychosociale stress

De vragenlijsten vanuit het vorige kopje 'Herstel' zijn ook grotendeels van toepassing op dit onderdeel. Enkele uitzondering is dat er ook gebruik gemaakt wordt van de REST-Q vragenlijst. Deze vragenlijst is betrouwbaar en valide bevonden voor het meten van psychosociale stress (Nederhof et al., 2008).

Conclusie

Afhankelijk van de praktijk waarin de sportclubs verkeren worden er diverse variabelen gemeten en aangeleverd. Doordat de diverse sportclubs variabelen verzamelen die zij van belang achten is het niet mogelijk geweest om 1 database op te stellen welke alle variabelen bevat. Hierin zou immers duidelijk moeten zijn wat per variabelen de definitie is, welke per sportclub kan verschillen. Daarom is ervoor gekozen om de diverse datasets van de diverse clubs apart van elkaar te houden. Voor toekomstige projecten is het wenselijk om hier uniformiteit in aan te brengen voor aanvang van het project. Dit zal eenvoudiger zijn naarmate ruwe data beschikbaar is, omdat het onwaarschijnlijk is dat de sportclubs hun definities aanpassen. Bij beschikbaarheid van ruwe data kunnen er binnen het project definities opgesteld worden, welke op alle beschikbare data toegepast kan worden zonder dat er extra handelingen van de sportclubs gevraagd wordt. De gebruikte meetinstrumenten en -methodes zijn voor het overgrote deel overeenkomstig uit de wetenschappelijke literatuur en tevens overeenkomstig met de wetenschappelijke standaard. Voor dit rapport is er te weinig zicht op de daadwerkelijke manier van afnemen dan wel gebruik van de meetinstrumenten om een uitspraak te kunnen doen over de invloed op de betrouwbaarheid en validiteit. Sportclubs dienen er zorg voor te dragen dat ze de procedures rondom het gebruik van de meetinstrumenten dusdanig uitvoeren dat validiteit en betrouwbaarheid geborgd blijven.

Hoofdstuk 3: Praktijkvalidatie

3.1 Introductie

Binnen het professionele voetbal is het belangrijkste doel van training om fysieke fitheid van spelers te vergoten om zo op het hoogste niveau te presteren maar ook om blessures te voorkomen (Impellizzeri et al., 2019). Om dit doel te bereiken wordt er gebruik gemaakt van periodisering en een progressieve belasting van training gedurende het voetbalseizoen. Aangenomen wordt dat als er tijdens het seizoen gevarieerd wordt met de parameters frequentie, duur, intensiteit en type training in combinatie met voldoende herstel, een speler over het hele seizoen gezien fitter zal worden (Foster et al., 2001; Smith, 2003). Het is hierbij van essentieel belang dat trainers/coaches de belasting van training zo doseren dat de spelers de juiste trainingsprikkel ontvangen (Kënnta & Hassmén, 1998). Hiervoor is het monitoren van de (fysieke) belasting een essentieel hulpmiddel voor trainers en coaches in de begeleiding van spelers (Foster et al., 2017).

Trainingsmonitoring wordt gebruikt met als doel om de relatie tussen de trainingsbelasting en prestatie en de relatie tussen trainingsbelasting en blessures in kaart te brengen (Bourdon et al., 2017). Om de belasting van training en wedstrijden te monitoren wordt er onderscheid gemaakt tussen externe en interne belasting (Halsen, 2014; Impellizzeri et al., 2005). Externe belasting wordt gedefinieerd als de belasting die (in de meeste gevallen) opgelegd wordt door de coach, bijvoorbeeld de gelopen afstand, het aantal versnellingen of vertragingen of de afgelegde afstand op hoge snelheid. De interne belasting is de fysiologische en psychologische stress die het lichaam van de speler ondergaat. De interne belasting wordt gezien als de ultieme stimulus voor trainingsadaptatie en resulteert uit de interactie tussen externe belasting en individuele of intrinsieke kenmerken van een voetballer (Bouchard & Rankinen, 2001; Viru & Viru, 2000). Deze kenmerken zijn intrinsieke factoren zoals trainingshistorie, blessurehistorie, lichaamssamenstelling en fysieke fitheid (Bahr & Krosshaug, 2005). Zo zullen 2 spelers met verschillende individuele kenmerken (bijv. anaeroob vermogen) die een gelijke externe belasting hebben ondergaan (bijv. 500 meter sprinten) een andere interne belasting krijgen. Hetzelfde geldt voor 1 speler maar op verschillende momenten. Deze speler kan door training of blessure veranderde individuele kenmerken verkrijgen waardoor eenzelfde externe belasting als lichter of zwaarder kan ervaren dan eerder in het seizoen. Voornamelijk bij teamsporten, zoals voetbal, is dit een belangrijk aandachtspunt. Regelmatig wordt eenzelfde externe belasting opgelegd aan het gehele team, bijvoorbeeld in de vorm van een partijtje, echter doordat elke sporter zijn eigen individuele kenmerken heeft zal de uiteindelijke trainingsadaptatie per sporter wisselen. Daarnaast is de externe belasting in groepsoefeningen lastig te controleren wat nog grotere verschillen tot gevolg kan hebben (Brink et al., 2014).

Wanneer gegevens uit de externe en interne belasting gecombineerd worden, geeft dit een inschatting per individuele sporter of team in welke mate zij met de trainingssessie om konden gaan (Malone et al., 2016). Deze gegevens kunnen geïntegreerd worden in ratio's door variabelen van interne belasting te delen door variabelen voor externe belasting (Akubat et al., 2014; Malone et al., 2016). Onderzoek van Akubat et al. (2014) suggereert dat deze ratio's kan helpen bij bepalen van fysieke fitheid van voetballers. De auteurs vonden een relatie tussen diverse ratio's, gemeten tijdens een simulatie van de externe belasting welke representatief is tijdens een voetbalwedstrijd, en diverse maten voor fysieke fitheid gemeten door een standaard fysieke test (VO₂max-test). Malone et al. (2016) vonden vergelijkbare resultaten bij hurling (overeenkomsten met Lacrosse) met een soortgelijke methode. Echter gebruikten zij variabelen voor externe belasting, vergelijkbaar met voetbal, namelijk totaal gelopen afstand en afstand afgelegd op hoge snelheid. Een beperking van de studies van Akubat et al. (2014) en Malone et al. (2016) was dat de externe belasting niet gemeten werd tijdens echte trainingen of wedstrijden en dat er tevens testen werden uitgevoerd in een laboratoriumsetting. Door data te

gebruiken welke gemeten wordt tijdens normale trainingen en standaard fysieke testen op het veld worden deze bezwaren weggenomen. Door ratio's op een langere termijn te implementeren kunnen deze inzicht geven in de huidige training status van de sporter (Bourdon et al., 2017). Hierdoor kunnen voor sportwetenschappers en coaches inzichtelijk worden wat de huidige belasting van sporters is en in hoeverre ze momenteel belastbaar zijn.

Omdat er getracht wordt de fysieke fitheid van elke speler tijdens het seizoen te laten toenemen is het belangrijk om de fysieke fitheid te meten. Binnen het voetbal wordt er daarom gebruik gemaakt van fysieke fitheidstesten om de inspanningscapaciteit te bepalen. Hiervoor worden idealiter maximale inspanningstesten afgenomen, zoals de Interval Shuttle Run Test om de maximale inspanningscapaciteit te schatten (Lemmink et al., 2004). Daarnaast worden ook andere aspecten van fitheid, zoals spronghoogte, wendbaarheid of kracht gemeten om een uitspraak te doen over de fitheid. De maximaaltesten, zoals de ISRT, hebben als nadeel dat deze een grote belasting op spelers hebben, een grote tijdsinvestering vragen in relatie tot de trainingstijd en sporters maximaal gemotiveerd moeten zijn voor een valide meting (Akubat et al., 2014). Daarom is het niet haalbaar om maximale inspanningstesten wekelijks of maandelijks uit te voeren. Door submaximale testen, zoals de submaximale ISRT (s-ISRT), uit te voeren, wordt het bezwaar van verminderde motivatie weggenomen. Bij een s-ISRT wordt gebruik gemaakt van de relatie tussen externe belasting, interne belasting en individuele kenmerken om te bepalen of sporters vooruit zijn gegaan in fysieke kenmerken. Sporters lopen een vooraf bepaald aantal trajecten (dus een gelijke externe belasting), waarbij vervolgens wordt gekeken naar de interne belasting (hartslag, ervaren mate van Inspanning). Wanneer deze verandert tussen twee meetmomenten, wordt verondersteld dat de bijbehorende fysieke kenmerken veranderd zijn in dezelfde richting als de verandering.

Desondanks blijft een nadeel van deze (sub)maximale inspanningstesten dat zij niet wekelijks uitgevoerd kunnen worden vanwege de (grote) tijdsinvestering en de belasting op de spelers. Vandaar dat er onder andere binnen het voetbal gezocht wordt naar andere manieren om de fysieke fitheid van spelers te monitoren (Owen et al., 2020; Stevens et al., 2016). Zo laten Owen et al. (2020) en Stevens et al. (2016) met soortgelijke methodes zien dat fysieke maten, zoals totaal gelopen afstand, afkomstig uit geprotocolleerde kleine partijspelen gedurende reguliere trainingen matig tot sterke associaties hebben met fysiologische maten bij veldtesten. Hieruit concluderen de auteurs dat geprotocolleerde kleine partijspelen een goede toevoeging kunnen zijn op standaard veldtesten (Owen et al., 2020), maar deze niet op zichzelf staan gebruikt kunnen worden om fysieke fitheid te meten (Stevens et al., 2016). Aangezien zowel externe als interne belasting frequent gemonitord worden tijdens trainingen zou het wenselijk zijn om uit te zoeken of dit wel samenhangt met veranderingen van fysieke fitheid van een speler gedurende het seizoen. Het integreren van deze data in ratio's zou kunnen helpen bij het bepalen van fysieke fitheid op kortere termijn zonder fysieke testen te hoeven uitvoeren in tegenstelling tot het gebruik van externe belasting alleen (Akubat et al., 2014; Bourdon et al., 2017; Malone et al., 2016). Het doel van dit onderzoek is daarom om te achterhalen of er een relatie is tussen verandering van fysieke fitheid en verandering van ratio's berekend uit de interne en externe belasting van frequent gemeten trainingsdata. De onderzoeksvraag die beantwoord moet worden: "Is de ratio Interne/Externe belasting een valide manier om veranderingen in fysieke fitheid te meten?"

3.2 Methode

Populatie

In totaal zijn twee jeugdvoetbalteams (onder 17 en onder 19) die uitkwamen in de hoogste jeugddivisie in Nederland en 1 beloften team welke uitkwam in de 3^e divisie meegenomen. Totaal hebben 78 spelers deelgenomen in het onderzoek.

Algemene onderzoeksopzet

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden is een retrospectieve methode gebruikt. Voor dit onderzoek is er gebruik gemaakt van de data die verzameld is gedurende twee seizoenen (2016-2017 & 2017-2018) bij een betaald voetbalorganisatie. Bij elke training werden indicatoren voor herstel, interne en externe belasting verzameld. Meerdere keren per seizoen werd een fysieke test uitgevoerd voor het bepalen van de fysieke fitheid.

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag werd het verschil bepaald tussen de uitkomsten van de fysieke testen. Vervolgens werden met verschillende tijdsintervallen de gemiddelde interne en externe belasting berekend rondom de datum waarop de fysieke testen werden afgenomen. Hieruit werd per speler per fysieke test de ratio bepaald (uitgedrukt in decimalen) tussen de interne en externe belasting, waarna tussen 2 momenten ook het verschil in ratio werd bepaald. Aan de hand van correlaties werd bepaald of de verandering in fysieke fitheid gerelateerd is met de verandering in ratio's.

Indicatoren voor fysieke fitheid

Voor het begin van het seizoen voerde elke speler een maximale Interval Shuttle Run Test (ISRT) uit. De ISRT is een valide en betrouwbare test voor het meten van interval uithoudingsvermogen (Lemmink et al., 2004; Lemmink & Visscher, 2003). Tijdens de test rennen spelers heen en weer tussen 2 lijnen die 20 meter uit elkaar staan. Een geluidssignaal geeft het tempo aan waarop de spelers dienen te rennen. Bij elk geluidssignaal dienden spelers zich te bevinden tussen de 20-meterlijn en een lijn 3 meter daarvoor. Echter diende ten alle tijden de 20-meterlijn aangeraakt te worden met minimaal 1 voet. De test begon op een snelheid van 10 km/u^{-1} en de snelheid werd stapsgewijs verhoogd. Na ongeveer 30 seconden arbeid, kregen de spelers ongeveer 15 seconden rust. Spelers renden tot dat ze niet meer konden of tweemaal te laat aankwamen. Hierbij werd hun aantal gelopen trappen opgeschreven.

Lopende het seizoen werd bij de spelers een sub-maximale ISRT (s-ISRT) afgenomen om de fysieke en mentale belasting van een maximale test op spelers te beperken. Spelers liepen de s-ISRT ongeveer elke 6 weken afhankelijk van de periodisering. Gedurende de s-ISRT liepen spelers het hele seizoen ongeveer 70% van het aantal gelopen trappen tijdens de maximale ISRT. Hierdoor werd de externe belasting van de test vastgelegd per speler. Tijdens elke s-ISRT werd de maximale hartslag behaald tijdens de test gebruikt als indicator voor interne belasting. Bij een veranderde interne belasting ten opzichte van een eerder test werd aangenomen dat de reden een verandering in fysieke fitheid was. Echter, omdat hartslag een dagelijkse variatie heeft, wordt aangenomen dat een verschil in hartslag van 7 slagen bij een fysieke prestatie op 70% van de max een indicatie is van verbeterde fysieke fitheid (Brink et al., 2013; Lamberts & Lamberts, 2009).

Indicatoren voor belasting

Elke speler droeg een Polar Team Pro sensor met GPS (Polar Electro, Kempele, Finland) die de positie bepaalde met een frequentie van 10Hz. Externe belasting werd bepaald aan de hand van totaal afgelegde afstand (TAA) en totale afstand op hoge snelheid (THS) (Taylor et al., 2017). De interne belasting en de mate van herstel werden voor iedere individuele speler bepaald aan de hand van een Borg RPE schaal (6-20) omtrent ervaren mate van inspanning (EMI) en ervaren mate van herstel (EMH). De mate van inspanning werd uiterlijk 30 minuten na de training ingevuld. De score op de Borg RPE schaal werd vermenigvuldigd met de duur van de training om zo interne belasting in arbitraire units (AU) te bepalen (Foster et al., 2001).

Ratio's

Er werden verschillende ratio's tussen externe en interne belasting opgesteld. De volgende ratio's werden berekend:

1. Gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand
2. Gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid
3. Gemiddelde load (EMI*duur)/gemiddelde totale afstand
4. Gemiddelde load (EMI*duur)/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid

Voor elke ratio werden verschillende tijdsintervallen gebruikt om de ratio's te berekenen, namelijk 7 dagen voorafgaand, 7 dagen rondom (3 dagen voor, dag van fysieke test en 3 dagen na fysieke test), 14 dagen voorafgaand en 15 dagen rondom (7 dagen voor, dag van fysieke test en 7 dagen na fysieke test), de ISRT. De intervallen zijn gekozen om te bepalen of een verandering in fysieke fitheid op kortere termijn kan worden bepaald dan de intervallen tussen twee s-ISRT. De 7 en 14 dagen gemiddelde ratio voorafgaand aan een fysieke test werd gebruikt om de praktijksituatie na te bootsen. De 7 en 14 dagen rondom de s-ISRT werd gebruikt om te bepalen of de ratio's rondom de s-ISRT eventueel een betere weergave zijn van een verandering in fysieke fitheid.

Voor de spelers moest er data beschikbaar zijn op minstens 3 datapunten voor de ratio's van een week en minstens 6 datapunten voor de ratio's van twee weken. Op deze manier wordt de dagelijkse variatie in individuele kenmerken, zoals slechte/goede nachtrust of slecht/goed herstel gedeeltelijk weggenomen. De ISRT-data moest in hetzelfde seizoen afgenomen zijn.

Analyse Onderzoeksvraag

De data werd gepseudonimiseerd aangeleverd. De data werd vervolgens geïmporteerd in JupyterLab waar de dataset werd samengevoegd, geïnspecteerd en opgeschoond. De volgende onderdelen van de data werden verwijderd:

- Een EMI of EMH kleiner dan 6 of groter dan 20.
- Gemiddelde snelheid van een speler op een trainingssessie hoger dan 20km/u^{-1} .
- Gelopen afstand van een speler op een trainingssessie hoger dan 20 kilometer.
- Gelopen afstand van een speler op een trainingssessie lager dan 250 meter.

De bestanden bevatten geen code voor missende data waardoor het niet mogelijk was om een gemiste training te onderscheiden van een wel gevolgde training die niet geregistreerd was. Voor de trainingen werden beschrijvende data zoals gemiddelden en standaarddeviaties berekend. Vervolgens werd er voor elke kalenderdag alle ratio's berekend ook al was er niet getraind. De ratio is werden weergegeven als twee decimalen na de komma. Tevens werd per dag aangegeven hoeveel datapunten er zijn gebruikt voor het berekenen van de ratio's.

De data voor s-ISRT werd geordend. De maximale hartslag tijdens de laatste 30 seconden aan arbeid werd per test geregistreerd. Daarnaast werden alle hartslagcurves visueel geïnspecteerd op fouten of onregelmatigheden van registratie. Wanneer de hartslag in de laatste 3 periodes van arbeid onregelmatige data liet zien, werd de test verwijderd en aangeduid als niet betrouwbaar. Hierna werd beschrijvende data berekend.

Voor de analyse werd er gebruik gemaakt van de correlaties tussen het verschil in de ratio's en het verschil in maximale hartslag tussen de s-ISRT's gedurende het seizoen. De data van fysieke testen werd gekoppeld aan de berekende ratio's. Ratio's die niet voldeden aan de eerdergenoemde eisen van beschikbare data werd verwijderd. Hieruit bleek dat voor maximaal 35 van de totaal 78 spelers minimaal twee s-ISRT gekoppeld aan ratio's beschikbaar waren afhankelijk van het tijdsinterval. Voor de overige 33 spelers was maar maximaal één s-ISRT per seizoen beschikbaar. Van deze 35 spelers waren er dertien spelers met drie of meer s-ISRT scores gekoppeld aan de eerdergenoemde ratio's. Hierop is besloten om een normale correlatie te berekenen, zodat maximaal 35 spelers meegenomen konden worden. Elke speler is slechts eenmaal meegenomen in de correlatie om onafhankelijkheid van metingen te garanderen. Aangezien de variabelen niet normaal verdeeld waren, is een tweezijdige

Spearman Rho correlatie berekend. Hierbij werden de volgende waarden aangehouden voor de effectgroottes: 0 geen associatie, 0 – 0.3 zwakke associatie, 0.4 – 0.6 gematigde associatie, 0.7 – 0.9 sterke associatie, 1 perfecte associatie (Dancy & Reidy, 2004). Tussen de volgende variabelen werden de correlaties berekend:

- A. het verschil in hartslag tussen test één en twee

En ratio tussen de volgende variabelen:

1. Gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand
2. Gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid
3. Gemiddelde load (EMI*duur)/gemiddelde totale afstand
4. Gemiddelde load (EMI*duur)/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid

Waarbij alle ratio's zijn berekend voor de volgende tijdsintervallen:

- i. Gemiddelde 7 dagen voorafgaand s-ISRT
- ii. Gemiddelde 14 dagen voorafgaand s-ISRT
- iii. Gemiddelde 7 dagen rondom s-ISRT
- iv. Gemiddelde 15 dagen rondom s-ISRT

3.3 Resultaten

Beschrijvende statistiek

Het aantal trainingssessies over twee seizoenen bedroeg 10205 over 78 spelers. Het gemiddelde aantal trainingssessies per spelers bedroeg $130,8 \pm 87,9$. In totaal zijn 556 fysieke testen afgenomen bij 77 spelers. Elke speler heeft over twee seizoenen totaal gemiddeld $7,2 \pm 3,4$ fysieke testen ondergaan.

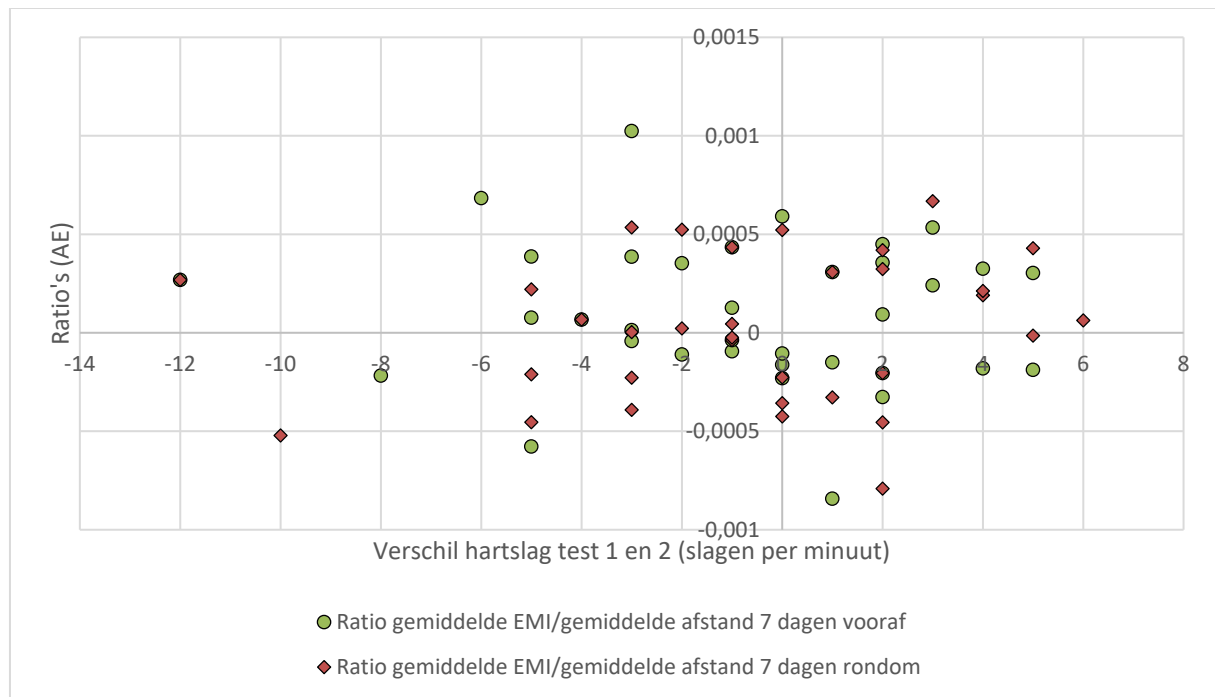
Relatie Fysieke fitheid en ratio's.

Het verschil in hartslag tussen 2 testen voor 35 spelers was gemiddeld $0,80 \pm 3,77$ slagen per minuut. Twee spelers hadden een verschil groter dan 7 slagen per minuut in hartslag tussen de twee testen. De gemiddelde tijd tussen twee testen was $53,2 \pm 19,5$ dagen voor dezelfde spelers.

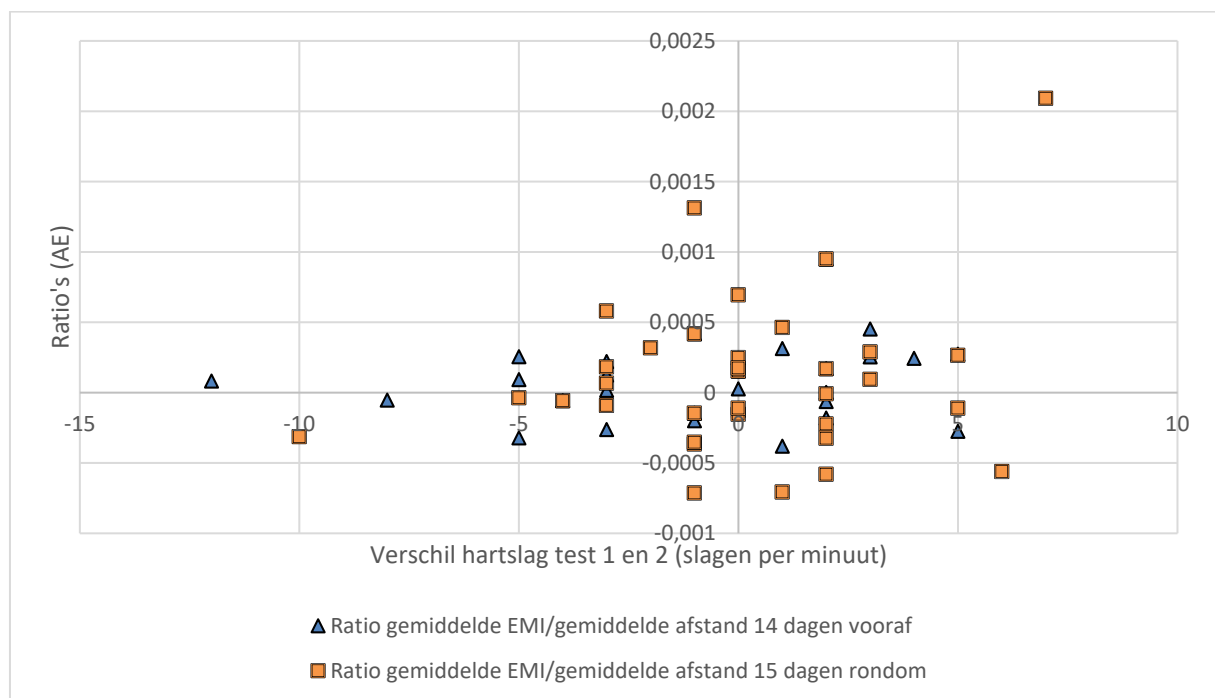
In tabel 1 is de relatie tussen het verschil interne belasting tijdens de testen en ratio EMI/gemiddelde totale afstand en verschil interne belasting tijdens de testen en EMI/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid te zien. Daarnaast zijn de scatterplots van dezelfde ratio's toegevoegd welke te zien zijn in figuur 2, 3, 4 en 5. Geen van de relaties bleek significant te zijn ($P > 0,05$).

Tabel 1: Relatie tussen verschil interne belasting fysieke testen en ratio gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand en ratio gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid.

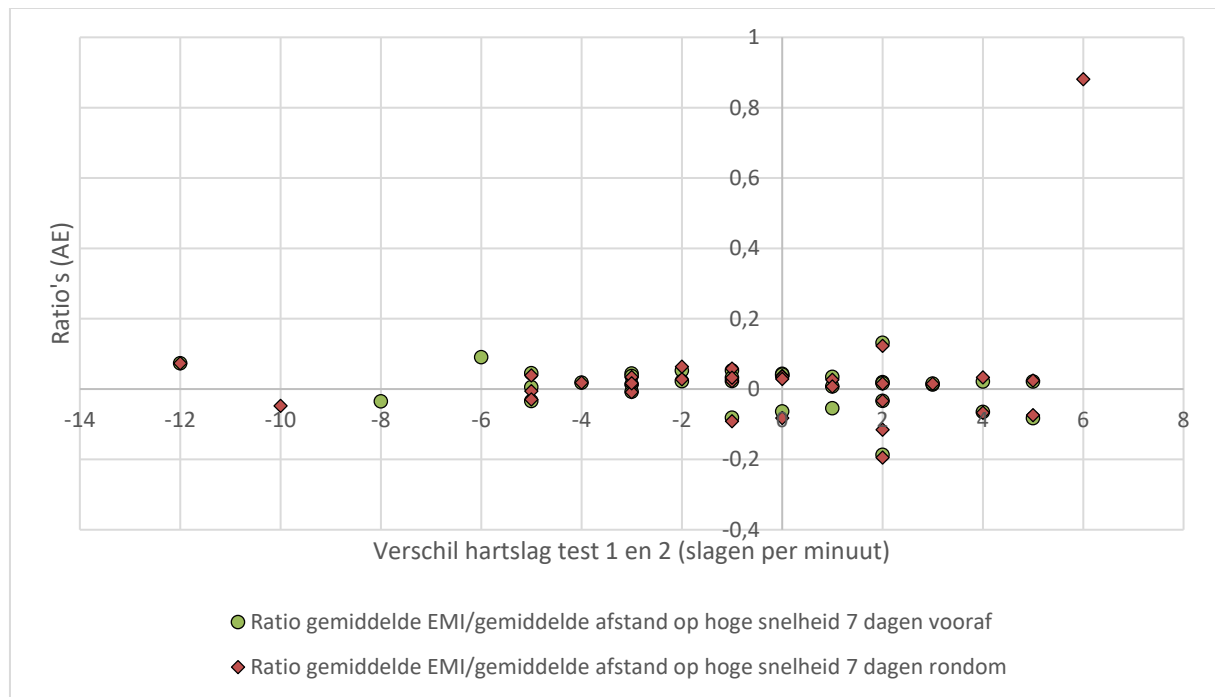
	Ratio gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand				Ratio gemiddelde EMI/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid			
	7d vooraf	7d rondom	14d vooraf	15d rondom	7d vooraf	7d rondom	14d vooraf	15d rondom
Verskil HF ¹ test 1 en 2	-.086	.166	.213	.047	-.299	-.097	-.080	.049
N	35	33	28	34	35	33	28	34



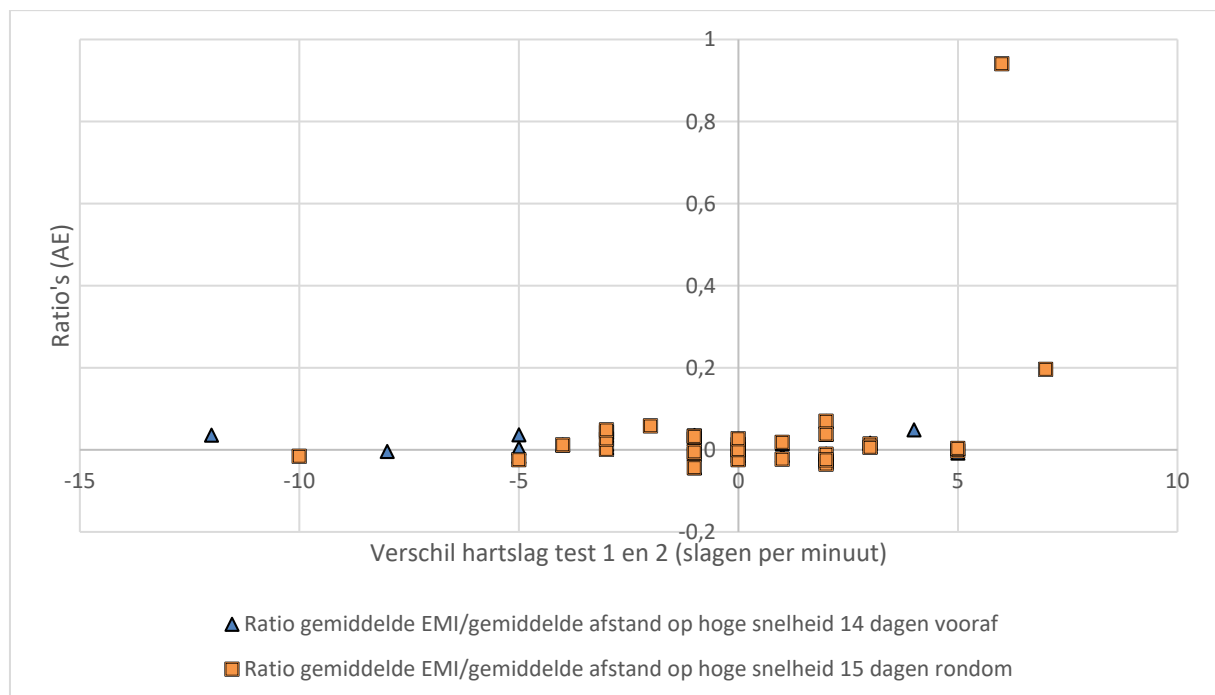
Figuur 2: Scatterplot tussen verschil hartslag test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde EMI en gemiddelde totale afstand



Figuur 3: Scatterplot tussen verschil hartslag test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde EMI en gemiddelde totale afstand



Figuur 4: Scatterplot tussen verschil hartslog test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde EMI en gemiddelde afstand op hoge snelheid

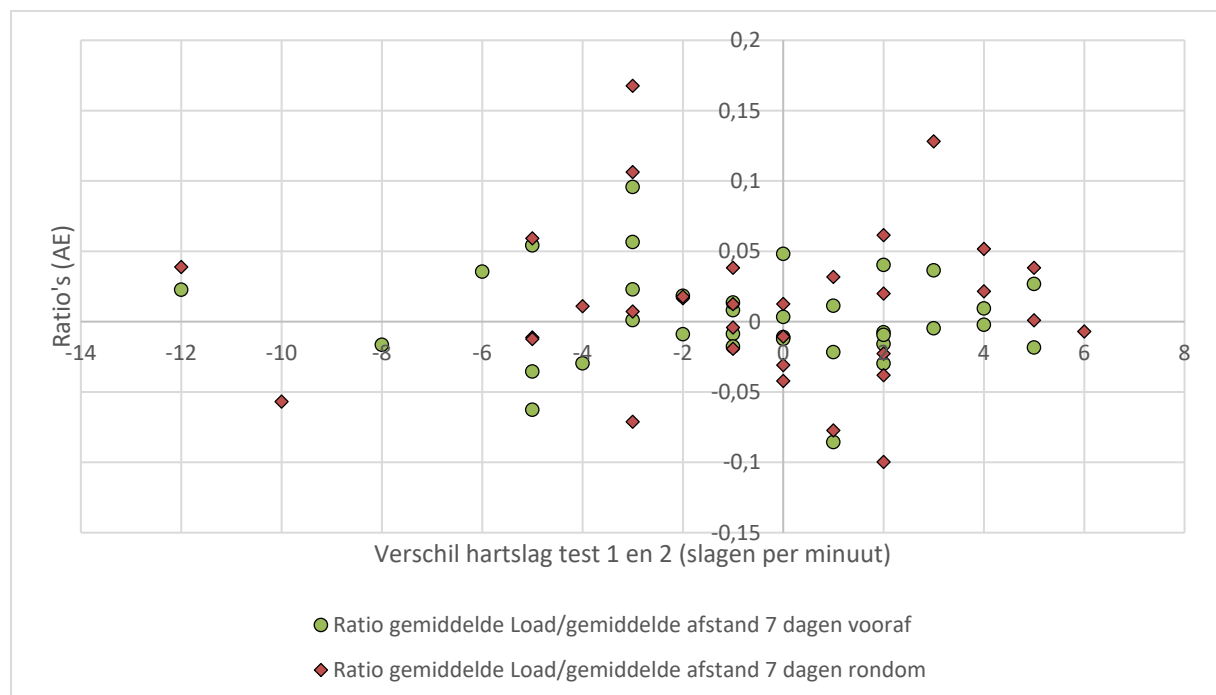


Figuur 5: Scatterplot tussen verschil hartslog test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde EMI en gemiddelde afstand op hoge snelheid

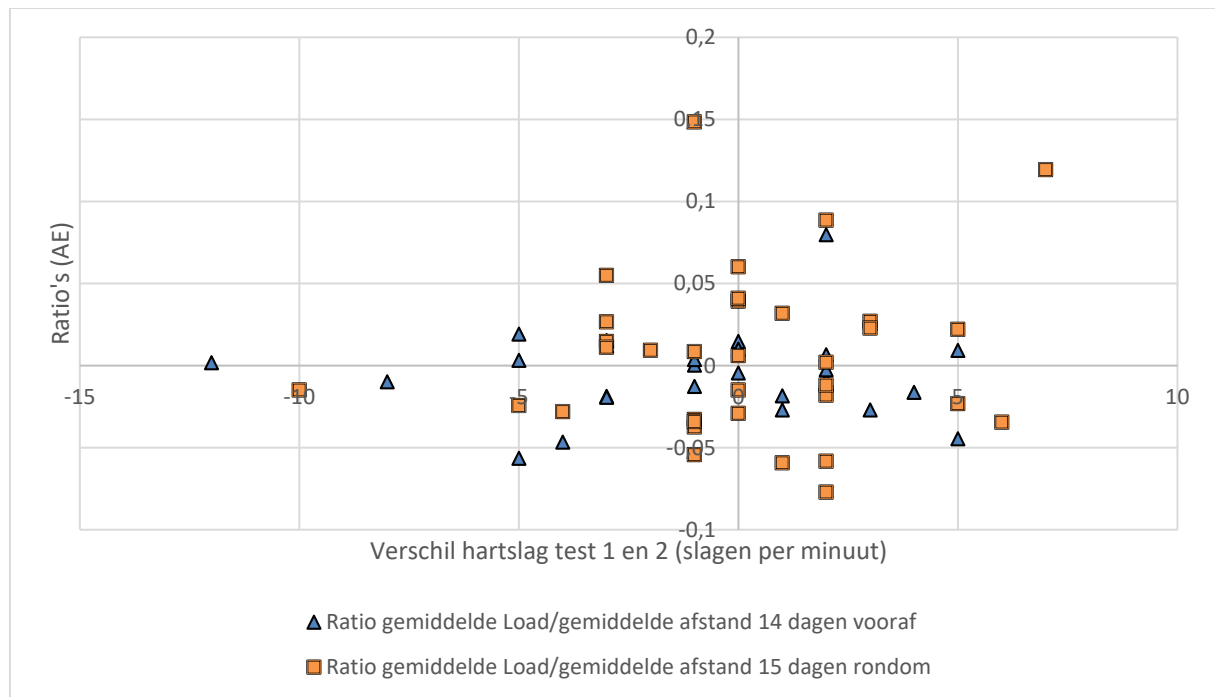
In tabel 2 is de relatie tussen het verschil in interne belasting tijdens de testen en de ratio gemiddelde load/gemiddelde totale afstand en verschil in interne belasting tijdens de testen en de ratio gemiddelde load/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid te zien. Daarnaast zijn de scatterplots van dezelfde ratio's toegevoegd welke te zien zijn in figuur 6, 7, 8 en 9. Geen enkele significante relatie is gevonden bij de diverse relaties.

Tabel 2: Relatie tussen verschil interne0 belasting en ratio gemiddelde Load/gemiddelde totale afstand en de ratio gemiddelde Load/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid.

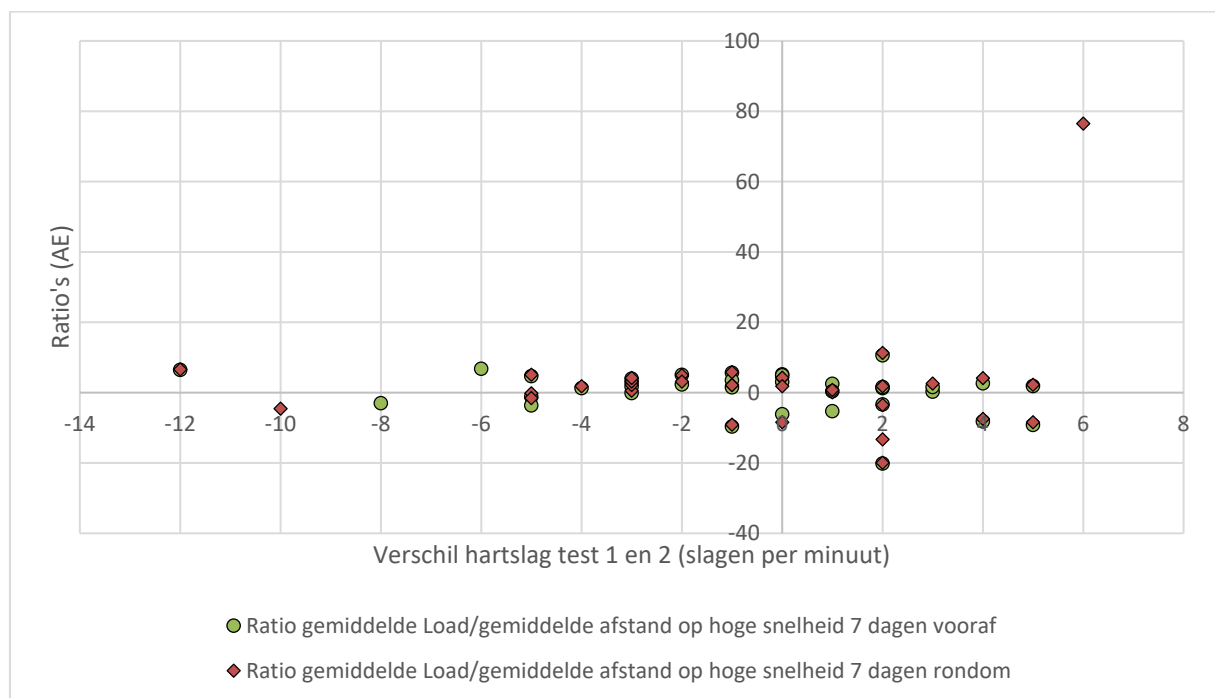
	Ratio gemiddelde totale afstand		Load/gemiddelde		Ratio gemiddelde Load/gemiddelde totale afstand op hoge snelheid			
	7d vooraf	7d rondom	14d vooraf	15d rondom	7d vooraf	7d rondom	14d vooraf	15d rondom
Vershil HF ¹ test 1 en 2	-.073	.023	.007	.033	-.266	-.119	-.145	.008
N	35	33	28	34	35	33	28	34



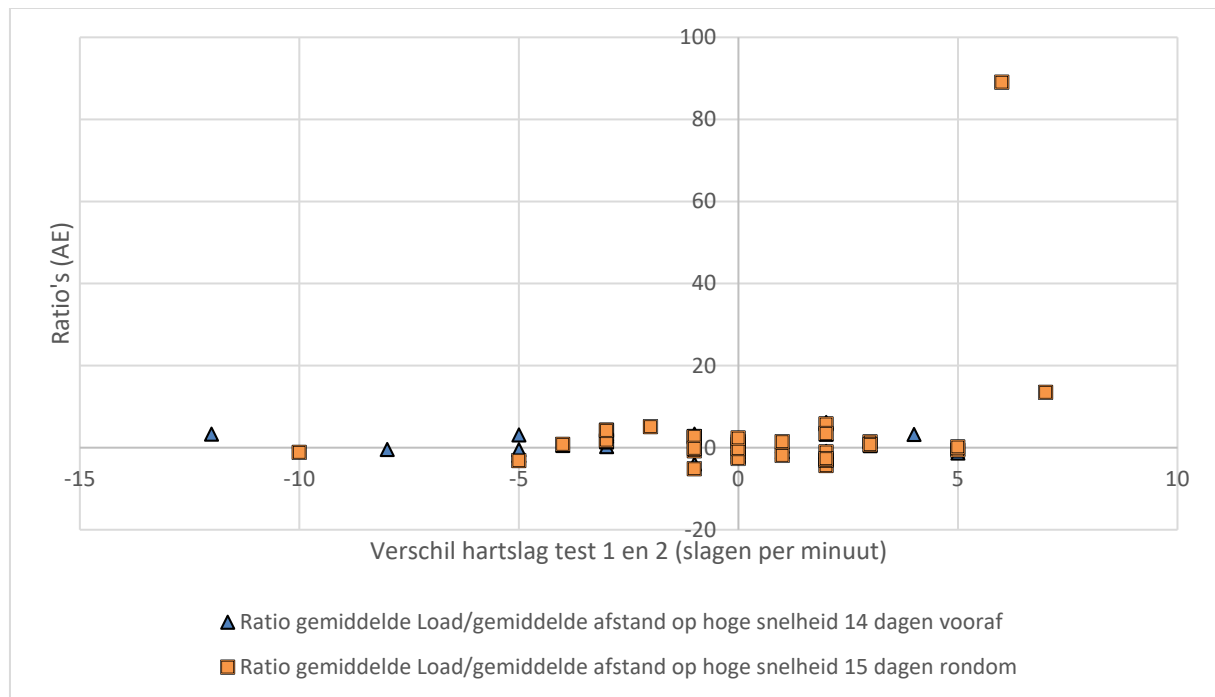
Figuur 6: Scatterplot tussen verschil hartslag test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde Load en gemiddelde totale afstand



Figuur 7: Scatterplot tussen verschil hartslag test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde Load en gemiddelde totale afstand



Figuur 8: Scatterplot tussen verschil hartslag test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde Load en gemiddelde afstand op hoge snelheid



Figuur 9: Scatterplot tussen verschil hartslag test 1 en 2 (slagen per minuut) en diverse ratio's met verschillende tijdsintervallen tussen gemiddelde Load en gemiddelde afstand op hoge snelheid

3.4 Discussie

Het doel van dit onderzoek was om te achterhalen of er een relatie is tussen verandering van fysieke fitheid en verandering van interne en externe belasting aan de hand van frequent gemeten trainingsdata. Uit de resultaten blijkt dat er geen relatie is tussen verschillende ratio's van externe en interne belasting aan de ene zijde en fysiek fitheid aan de andere. Hieruit kan geconcludeerd worden dat veranderingen in ratio's tussen externe en interne belasting niet samenhangen met veranderingen in fitheid welke werd gemeten door de interne belasting van sporters tijdens gestandaardiseerde fysieke testen. Deze bevindingen duiden erop dat de ratio's tussen externe en interne belasting niet gebruikt kunnen worden om fysieke fitheid te bepalen bij voetballers.

Resultaten uit dit onderzoek zijn niet overeenkomstig met resultaten uit eerdere onderzoeken van zowel Akubat et al. (2014) als Malone et al. (2016). Tijdens deze onderzoeken werden significante relaties gevonden tussen ratio's en maten voor fysieke fitheid. Echter de gebruikte methode tijdens dit onderzoek en eerder onderzoek zijn lastig te vergelijken en kunnen de verschillen verklaren. Tijdens de onderzoeken van Akubat et al. (2014) en Malone et al. (2016) werden eenmalig testen uitgevoerd in een laboratoriumsetting waar externe condities gecontroleerd kunnen worden. In dit onderzoek zijn meerdere fysieke testen uitgevoerd op een regulier trainingsveld in de buitenlucht. Andere factoren zoals omgevingsfactoren en sociologische factoren kunnen de interne belasting, zoals EMI en hartslag, voor de trainingen en s-ISRT beïnvloeden (Brink et al., 2013; Haddad et al., 2014; Lamberts & Lamberts, 2009). Gezien het feit dat er dagelijkse variatie in hartslag is, wordt gesuggereerd dat een verschil van zeven hartslagen of groter tussen twee testen een daadwerkelijke verandering in fysieke fitheid betekent (Brink et al., 2013; Lamberts & Lamberts, 2009). Deze studie was observationeel van aard en tijdens het onderzoek bleken er slechts twee spelers te zijn die deze verschillen haalden in hartslag tussen 2 s-ISRTs. Gezien er op basis van de interne belasting tussen 2 s-ISRTs geen grote veranderingen in fysieke fitheid hebben plaats gevonden, is het aannemelijk dat er daardoor ook geen significante relaties zijn gevonden in dit onderzoek. Daarnaast compliceren externe factoren die inspelen op spelers tijdens trainingen en veldtesten de relatie tussen de s-ISRTs en ratio's. Verder onderzoek met

meer spelers is wenselijk, zodat er mogelijk wel spelers zijn met grotere verschillen in hartslag tussen 2 s-ISRTs waardoor de relatie met diverse ratio's verder onderzocht kan worden.

Resultaten uit dit onderzoek liggen gedeeltelijk in lijn met ander onderzoek van Owen et al. (2020) en Stevens et al. (2016), welke met soortgelijke methodes laten zien dat fysieke uitkomstmaten, zoals TAA, tijdens geprotocolleerde kleine partijspelen matige tot sterke associaties hebben met fysiologische maten, zoals hartslag, bij veldtesten. Echter konden de kleine partijspelen niet als vervanging gebruikt worden voor de fysieke testen, wat een soortgelijk resultaat is als in dit onderzoek waarbij ratio's niet als vervanging gebruikt kunnen worden voor de s-ISRTs. Hoewel Akubat et al. (2014) en Malone et al. (2016) tijdens hun studies dit wel suggereerde, gebruikten zij een geprotocolleerde simulatie van de fysieke belasting tijdens trainingen. Dit zou de verschillen mogelijk kunnen verklaren. In zowel het huidige onderzoek als die van Owen et al. (2020) en Stevens et al. (2016) werd de externe belasting gemeten tijdens voetbal specifieke oefeningen, waarbij naast fysieke capaciteiten ook andere vaardigheden van spelers gevraagd wordt, zoals tactische of technische vaardigheden. Gezien spelers zich blijven ontwikkelen en aanpassen, is het aannemelijk dat per training of oefening de tactische, technische en mentale vaardigheden van spelers van invloed is op de fysieke prestatie en fysiologische belasting tijdens oefeningen, zoals kleine partijspelen (Stevens et al., 2016). Daarnaast was er door het retrospectieve karakter van deze studie helaas geen zicht op de inhoud van de trainingen. Dit betekent dat rond de s-ISRT's de trainingen de ene keer technisch of tactisch zouden kunnen zijn en de andere keer gericht op conditie of kracht. McLaren et al. (2018) lieten zien dat de modus van de training van invloed is op de relatie tussen interne en externe belasting en dat niet voor elke modus dezelfde variabelen de training het beste weergeven. De standaard fysieke testen zijn hierdoor nog steeds noodzakelijk om de fysieke fitheid van spelers in kaart te brengen (Owen et al., 2020; Stevens et al., 2016).

Tot slot zijn er, naast de eerdergenoemde factoren, nog andere factoren die een rol gespeeld kunnen hebben in de onderzochte relaties. Aangezien er een relatief kleine groep spelers is geïnccludeerd en de variabelen binnen speler (within-design) zijn berekend, kan het zijn dat eigenschappen van individuele spelers disproportioneel meegewogen worden. Daarnaast zijn de ratio's berekend door het gemiddelde te berekenen over diverse maten voor interne en externe belasting over diverse tijdsintervallen vooraf of rondom de s-ISRTs. Mogelijk dat andere intervallen een ander beeld geven, zoals een interval van 28 dagen welke gebruikt wordt voor bijvoorbeeld de acute chronische workload ratio (Gabbett et al, 2014). Daarnaast bleek dat er relatief weinig data overbleef door de gestelde inclusiecriteria. Hoewel deze studie data van 3 teams over twee seizoenen bevat, met een totaal van meer dan 10000 trainingssessies, konden slechts 35 spelers geïnccludeerd worden. Een verklaring kan zijn dat het systematisch meten van spelers op zichzelf al een uitdaging is doordat er op hoog professioneel niveau gewerkt wordt met veel belangen. Hierdoor kan het zijn dat fysieke testen niet altijd doorgang kunnen vinden. Een andere verklaring kan zijn dat de s-ISRT's worden afgenomen in een periode met weinig trainingen of dat er juist minder getraind wordt rondom de s-ISRTs. Echter zou voor vervolgstudies mogelijk geen observationele opzet gebruikt moeten worden, maar zou een experimenteel design beter passen. Hierdoor kan de tijd tussen s-ISRT's gelijk gehouden kunnen worden en kunnen mogelijke trainingen meer gestandaardiseerd worden. Nadeel hieraan is, is dat het niet overeenkomt met de praktijksituatie waar de clubs zich in bevinden waardoor de ecologische validiteit verminderd wordt.

Verder zou mogelijk andere analyses toegepast kunnen worden. Een minder gebruikte statistische analyse, genaamd herhaalde meting correlatie ("*Engels: Repeated Measure Correlation*") zou voor toekomstige analyses gebruikt kunnen worden (Bakdash & Marusich, 2017), waarbij de correlatie over meerdere herhaalde metingen berekend kunnen worden in tegenstelling tot de 2 s-ISRT die nu meegenomen konden worden. Hier is in dit onderzoek voor gekozen om de om de effecten van deze omgevingsfactoren te beperken door de gemiddelde interne en externe belasting over 7 of 14 dagen vooraf of rondom de testen te berekenen en hieruit de ratio's te bepalen. Hoewel er geen significante

relaties zijn gevonden, lijkt het aannemelijk dat door het gemiddelde te gebruiken de invloed van externe omgevingsfactoren op de ratio's beperkt wordt.

Het blijkt moeilijk om vanuit externe en interne belasting verandering in fysieke fitheid te bepalen. Om externe en interne belasting te gebruiken voor het bepalen van fitheid zal er een vorm van standaardisatie nodig zijn. Veldtesten zijn uiteindelijk de ultieme vorm van praktische standaardisatie en zullen daarom een grote rol blijven spelen in het bepalen van de fysieke fitheid.

3.5 Conclusie

Ratio's zouden mogelijk inzicht kunnen bieden in de fysieke fitheid van spelers, echter blijkt uit de resultaten van dit onderzoek nog niet dat het toepasbaar is in de praktijk en daarmee niet valide. Er werden geen significante relaties gevonden tussen diverse ratio's van interne en externe belasting en verschil tussen interne belasting op een fysieke test. Dit in tegenstelling tot suggesties vanuit andere auteurs die veronderstellen dat een dergelijke relatie behulpzaam kan zijn voor het monitoren van fysieke fitheid. Er blijken diverse obstakels te zijn waardoor de verandering in ratio's mogelijk niet correleren met de verandering in interne belasting tijdens fysieke testen, zoals de kleine steekproef en de praktijksetting waar veel variabelen niet gecontroleerd kunnen worden. Op dit moment kunnen ratio's tevens niet gebruikt worden ter aanvulling op fysieke testen. Toekomstig onderzoek zou zich moeten richten op een grotere steekproef en het mogelijk meenemen van andere variabelen.

Hoofdstuk 4: Algemene discussie en aanbevelingen

Algemene discussie en aanbevelingen validatierapport

Het doel van dit rapport is een praktijkvalidatie van de belastingsmonitor te onderzoeken behorend bij het project 'Big data analyse voor detectie overbelasting topsporters'. Hiervoor zijn 2 hoofdtaken uitgevoerd door de diverse betrokkenen binnen het project. Zo heeft Saxion Hogeschool het voortouw genomen in het vergaren van data voor de dataset en de Hanzehogeschool Groningen het voortouw in het doen van onderzoek voor de praktijkvalidatie.

Betreffende de dataset blijken er nog diverse obstakels te zijn voor het construeren van 1 grote dataset. De diverse sportclubs meten allen diverse variabelen op de gebieden behorend bij het model van Impellizzeri (2005; 2019), welke te zien is in figuur 1. Echter verschilt de exacte invulling per club, waardoor 1 grote dataset niet haalbaar is momenteel. Zo hanteren de sportclubs verschillende definities van bijvoorbeeld een sprint of gebruiken ze verschillende vragenlijsten om het welzijn van de sporters in kaart te brengen. Tot slot is het detailniveau waarop data beschikbaar is wisselend per sportclub. Sommige sportclubs monitoren al jaren hun topsporters, waar andere sportclubs hier minder ervaring en beschikbare data hebben. Daarnaast is het niet vanzelfsprekend dat de ruwe data altijd gebruikt wordt, maar is soms geaggregeerde data beschikbaar, omdat dit het meest passend is in de praktijksituatie van de betreffende clubs. Voor toekomstige projecten is het wenselijk hier aan de voorkant zoveel mogelijk uniformiteit in aan te brengen. Echter zou dit in goed overleg met de sportclubs dienen te gaan, aangezien deze met reden voor de huidige opzet van hun monitoringsprogramma hebben gekozen. Mogelijk zitten er (praktische) bezwaren om het op een andere manier aan te pakken, welke eerst weggenomen moeten worden. Voorbeelden is dat het bewaren, verwerken en analyseren van veel ruwe bestanden veel tijd en expertise kost, wat niet voor elke sportclub mogelijk is.

Om hierin te helpen, lijkt de belastingsmonitor uit WP2 ook een geschikte tool. Het eerste prototype is hiervoor beschikbaar. Hierin is voor (para)medische staf, sportwetenschappers en trainers mogelijk om snel de belasting en belastbaarheid inzichtelijk te krijgen van hun sporters. Dit is noodzakelijk omdat er tegenwoordig veel informatie beschikbaar is via diverse systemen om de (fysieke) fitheid van sporters te monitoren. Om de praktijkvaliditeit van de belastingsmonitor verder te bepalen is gekeken naar de relatie tussen de ratio interne/externe belasting en fysieke fitheid. Uit het onderzoek blijkt echter niet dat deze maten met elkaar gerelateerd zijn. Dit betekent echter niet dat de belastingsmonitor niet valide is voor de praktijk. Het kan (para)medische staf, sportwetenschappers en trainers nog steeds snel en overzichtelijk de gegevens die al verzameld worden al weergeven. Doordat dit eenvoudig beschikbaar is, kunnen de (medische) professionals die de sporters begeleiden hiernaar handelen.

De belastingsmonitor kan echter niet gebruikt worden om fysieke fitheid van sporters inzichtelijk te maken wanneer gekeken wordt naar ratio's tussen interne en externe belasting. Fysieke testen blijven hiervoor nog steeds noodzakelijk, omdat deze het beste beeld geven van de huidige fysieke fitheid van de sporters. Diverse andere variabelen lijken invloed te hebben op deze ratio's in een praktijksituatie en daarom dienen de (medische) professionals een verandering van interne belasting bij gelijkblijvende externe belasting tijdens reguliere trainingen nog steeds te bekijken in het licht van het grote plaatje. Naast de ratio's worden door de sportclubs meerdere gegevens verzameld over sporters, zoals het herstel na een vorige training of de nachtrust. Deze gegevens kunnen helpen bij het interpreteren van veranderingen in interne belasting. Aangezien dit op individueel niveau belangrijk

is, zou in de belastingsmonitor deze data ook makkelijk en overzichtelijk inzichtelijk gemaakt moeten worden voor de (medische) professionals.

Doordat niet elke sportclub hetzelfde meet en doordat niet voor elke sportclub (afhankelijk van bijvoorbeeld het type sport) dezelfde variabelen van belang zijn, wordt aangeraden om de eerder genoemde professionals te betrekken bij de doorontwikkeling van de belastingsmonitor. Het doel hiervan is om de belastingsmonitor aan te passen aan de situatie per sportclub. Uit het verzamelen van de gegevens voor de dataset blijkt dat elke sportclub andere variabelen verzamelen of dezelfde variabelen op een andere wijze. Door een sportclub te betrekken bij de doorontwikkeling, kan gekeken worden wat voor die sportclub van belang is en daarmee een goede impact in de praktijk gerealiseerd worden.

Algemene conclusie

Sportclubs meten allemaal diverse variabelen om de belasting en belastbaarheid van hun sporters zo goed mogelijk inzichtelijk te maken. Doordat er veel gegevens beschikbaar zijn over sporters, lijkt de belastingsmonitor gewenst. Echter zijn de ratio's tussen interne en externe belasting hiervoor niet geschikt om fysieke fitheid inzichtelijk te maken in de praktijksituatie van sportclubs. Diverse variabelen waaronder mentale aspecten zouden deze ratio's kunnen beïnvloeden. De belastingsmonitor is daarom, voor nu, alleen geschikt voor het afzonderlijk inzichtelijk maken van de diverse variabelen uit het model van Impellizzeri et al. (2005; 2019). Hierbij dient rekening gehouden te worden met praktijksituatie van elke sportclubs aangezien elke sportclub andere variabelen verzameld. Het wordt aangeraden de sportclubs te betrekken bij de doorontwikkeling van de belastingsmonitor. Daarnaast dient voor toekomstige goed gekeken te worden welke variabelen op welke wijze verzameld worden, zodat een grotere dataset mogelijk is.

Referenties

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International journal of sports physiology and performance*, 11(5), 587-593.
- Akubat, I., Barrett, S., & Abt, G. (2014). Integrating the internal and external training loads in soccer. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 457-462.
- Bahr R. & Krosshaug T. (2005). Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*. 39(6), 324-329. doi:10.1136/BJSM.2005.018341
- Bakdash, J. Z., & Marusich, L. R. (2017). Repeated measures correlation. *Frontiers in psychology*, 8, 456.
- Brink, M. S., Visscher, C., Schmikli, S. L., Nederhof, E. & Lemmink, K. A. P. M (2013). Is an elevated submaximal heart rate associated with psychomotor slowness in young elite soccer players? *European Journal of Sport Science*, 13(2), 207–214. doi:10.1080/17461391.2011.630101)
- Brink MS, Frencken WGP, Jordet G, Lemmink KAMP (2014). Coaches' and players' perceptions of training dose: not a perfect match. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 9, 497-502
- Borges, T. O., Moreira, A., Bacchi, R., Finotti, R. L., Ramos, M., Lopes, C. R., & Aoki, M. S. (2017). Validation of the VERT wearable jump monitor device in elite youth volleyball players. *Biology of Sport*, 34(3), 239.
- Bouchard C. & Rankinen T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine in Science and Sports Exercise*. 33(6), S446-51; discussion S452-3. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11427769>.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gustin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., . . . Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), S2161-S2170. doi:10.1123/IJSP.2017-0208.
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... & Coutts, A. J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 550-555.
- Buchheit, M., Cholley, Y., & Lambert, P. (2016). Psychometric and physiological responses to a preseason competitive camp in the heat with a 6-hour time difference in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 176-181.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Román, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(2), 369-374.
- Dancey CP, Reidy J. (2004). *Statistic Without Maths for Psychology: using SPSS for Windows*. Harlow, England: Pearson/Prentice Hall.
- Foster C., Florhaug J.A., Franklin J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., Doleshal, P. & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of strength and Conditioning Research*. 15(1), 109-115. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11708692>.

- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & de Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: The past, the present and the future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, S2-2-S2-8.
- Gabbett, T. J., Whyte, D. G., Hartwig, T. B., Wescombe, H., & Naughton, G. A. (2014). The relationship between workloads, physical performance, injury and illness in adolescent male football players. *Sports medicine*, 44(7), 989-1003.
- Haddad, M., Padulo, J., & Chamari, K. (2014). The usefulness of session-RPE method for training load monitoring despite several influences on perceived exertion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(9), 882-883.
- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Frontiers in neuroscience*, 11, 612.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports medicine*, 44(2), 139-147.
- Hooper, S. & Mackinnon, L. (2015) Monitoring Overtraining in Athletes. *Sports medicine*, 20: 321–327
- Hoppe, M. W., Baumgart, C., Polglaze, T., & Freiwald, J. (2018). Validity and reliability of GPS and LPS for measuring distances covered and sprint mechanical properties in team sports. *PloS one*, 13(2), e0192708.
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. (2005) Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of Sports Science*. ;23(6), 583-592. doi:10.1080/02640410400021278
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270-273. doi:10.1123/ijsp.2018-0935
- Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J., & Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1649-1655.
- Kenttä Göran, Hassmén P. (1998) Overtraining and Recovery. *Sports Medicine*. 26(26), 1-16. doi:10.2165/00007256-199826010-00001
- Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2009). Day-to-Day Variation in Heart Rate at Different Levels of Submaximal Exertion: Implications for Monitoring Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 1005–1010. doi:10.1519/jsc.0b013e3181a2dcdc
- Lemmink, K. A. P. M., & Visscher, C. (2003). The relationship between the interval shuttle run test and maximal oxygen uptake in soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 45(3), 219-232.
- Lemmink, K.A.P.M., Visscher, C., M. I. Lambert, M.I. & Lamberts, R.P. (2004). The interval shuttle run test for intermittent sport players: Evaluation of reliability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 18, nr. 4, pp. 821-827, 2004.
- Malone, S., Doran, D., Akubat, I., & Collins, K. (2016). The integration of internal and external training load metrics in hurling. *Journal of human kinetics*, 53(1), 211-221.

- McLaren, S. J., Graham, M., Spears, I. R., & Weston, M. (2016). The Sensitivity of Differential Ratings of Perceived Exertion as Measures of Internal Load. *International Journal of sports physiology and performance*, 11(3), 404-406. doi:10.1123/ijsp.2015-0223
- Nederhof, E. S. T. H. E. R., Brink, M. S., & Lemmink, K. A. (2008). Reliability and validity of the Dutch Recovery Stress Questionnaire for Athletes. *International Journal of Sport Psychology*, 39(4), 301-311.
- Owen, A.L., Newton, M., Shovlin, A. & Malone S. (2020). The Use of Small-Sided Games as an Aerobic Fitness Assessment Supplement within Elite Level Professional Soccer. *Journal of Human Kinetics*. 71: 243-53.
- Rains, M., Noon, M., & Thake, D. (2012). Methods of monitoring training in adolescent soccer players. In *Reviews in pediatric exercise science* (pp. 217-240). Nova Science Publishers.
- Skazalski, C., Whiteley, R., Hansen, C., & Bahr, R. (2018). A valid and reliable method to measure jump-specific training and competition load in elite volleyball players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(5), 1578-1585.
- Smith D.J. (2003). A Framework for Understanding the Training Process Leading to Elite Performance. *Sports Medicine*. 33(15), 1103-1126. doi:10.2165/00007256-200333150-00003
- Stevens, T.G.A., De Ruiter, C.J., Beek, P.J. & Savelsbergh, G.J.P. (2016). Validity and reliability of 6-a-side small-sided game locomotor performance in assessing physical fitness in football players. *Journal of Sports Science*. 34: 527–34
- Taylor, K. L. (2012). Monitoring fatigue in high performance athletes (doctoral dissertation). Retrieved from <http://ro.ecu.edu.au/theses/581/>
- Taylor, K., Chapman, D., Cronin, J., Newton, M. J., & Gill, N. (2012). Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 20(1), 12-23.
- Viru A. & Viru M. (2000). Nature of training effects. In: Garrett W, Kirkendall D, eds. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 67–95. https://books.google.com/books?hl=nl&lr=&id=Cx22TcXodrwC&oi=fnd&pg=PA67&ots=9Kf5htQAvI&sig=p_y9IqSAm1mnF4QWMcJ1NoHWrX0